

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 02167508 A

(43) Date of publication of application: 27.06.90

(51) Int. Cl

G02B 6/42

(21) Application number: 01104618

(22) Date of filing: 26.04.89

(30) Priority: 02.09.88 JP 63221144

(71) Applicant: FUJITSU LTD

(72) Inventor: OIKAWA YOICHI
MORI KAZUYUKI
MIYATA HIDEYUKI
NAITO TAKAO
NAKAMOTO HIROSHI
ONODA YOSHITO

(54) STRUCTURE OF FRONT END OF OPTICAL FIBER

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide sufficient latitude to optical coupling to a photodetector and to enhance optical coupling efficiency by setting the radius of a hemispherical shape and the angle of a polished surface in such a manner that the light reflected on the polished surface is outputted with the max. efficiency in the hemispherical part of the front end part.

CONSTITUTION: An optical fiber 100 having a core 200 along the central axis is tapered in the prescribed length from the front end part thereof until the diameter of the section perpendicular to the central axis at the front end attains a prescribed size. The front end part is worked at the prescribed radius to the hemispherical shape and is subjected to surface polishing to the position which forms a prescribed angle with the central axis from the prescribed part at the front end and where the total section of the core appears. Namely, the light signal transmitting in the optical fiber 100 changes the optical path in the polished part and the exit light is converged by the lens effect of the part worked to the hemispherical shape at the front end and arrives at the light receiving surface of the photodetector 300. Since the light signal arrives at the light receiving surface in

such a manner without spreading, the latitude increases and the high optical coupling efficiency is obttd. with a small light receiving surface.

COPYRIGHT: (C)1990,JPO&Japio



⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

平2-167508

⑬ Int. Cl.⁵

G 02 B 6/42

識別記号

庁内整理番号

8507-2H

⑭ 公開 平成2年(1990)6月27日

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全10頁)

⑮ 発明の名称 光ファイバの先端構造

⑯ 特願 平1-104618

⑰ 出願 平1(1989)4月26日

優先権主張 ⑱ 昭63(1988)9月2日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 昭63-221144

㉑ 発明者 及川 陽一 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 内 富士通株式会社

㉒ 発明者 森 和行 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 内 富士通株式会社

㉓ 発明者 宮田 英之 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 内 富士通株式会社

㉔ 出願人 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

㉕ 代理人 弁理士 松本 昂

最終頁に続く

明細書

1. 発明の名称

光ファイバの先端構造

2. 特許請求の範囲

(1) 中心軸に沿ってコア(200)を有する光ファイバ(100)をその先端部から所定の長さにわたって該先端部の該中心軸に垂直な断面の直径が所定の寸法になるまでテープ状に加工し、該先端部を所定の半径で半球状に加工し、該先端部から該光ファイバの中心軸に沿った所定の位置において該光ファイバを所定の面内で所定の角度をなすように曲げ、該曲げた部分の広角に対応する部分から、該光ファイバの中心軸と所定の角度をなし、かつ該コアの全断面が現れる位置まで平面研磨し、該光ファイバを伝送して該研磨面で反射した光が該先端部の半球状部分で最大効率で出力するように、該半球状の半径、及び研磨面の角度を設定したことを特徴とする光ファイバの先端構造。

(2) 中心軸に沿ってコア(200')を有する光ファイバ(100')をその先端部から所定の長さ

にわたって該先端部の該中心軸に垂直な断面の直径が所定の寸法になるまでテープ状に加工し、該先端部を所定の半径で半球状に加工し、該先端部から該光ファイバの中心軸に沿った所定の位置において該光ファイバを所定の面内で所定の角度をなすように曲げ、該曲げた部分の広角に対応する部分から、該光ファイバの中心軸と所定の角度をなし、かつ曲げた面と垂直をなす面内でコアが所定の断面の寸法を表すまで平面研磨し、該光ファイバを伝送して該研磨面で反射した光が該先端部の半球状部分で最大効率で出力するように、該半球状の半径、及び平面研磨を行ったコアの断面の寸法を設定したことを特徴とする光ファイバの先端構造。

3. 発明の詳細な説明

概要

光通信等に使用される光-電気変換部の光ファイバの先端構造に関し、受光素子との光結合に対して十分の許容度があ

って、光結合効率が高い光ファイバの先端構造を提供することを目的とし、

例えば、中心軸に沿ってコアを有する光ファイバをその先端部から所定の長さにわたって該先端部の該中心軸に垂直な断面の直径が所定の寸法になるまでテーパ状に加工し、該先端部を所定の半径で半球状に加工し、該先端部の所定の部分から該光ファイバの中心軸と所定の角度をなし、かつ該コアの全断面が現れる位置まで平面研磨し、該光ファイバを伝送して該研磨面で反射した光が該先端部の半球状部分で最大効率で出力するように、該半球状の半径、及び研磨面の角度を設定して構成する。

産業上の利用分野

本発明は、光通信等に使用される光一電気変換部の光ファイバの先端構造の改良に関する。

近年、光通信等の分野では、 1 G b/s 以上の伝送速度を有する高速システムの開発が盛んに行われており、これにともない、個々のシステム構

- 3 -

光電気複合モジュールは、高速応答特性や雑音特性が良好で小型なものが必要とされる。

高速化のためには、受光素子の受光面と電気信号の流れる方向が同一であること、また、小型化のためには、光ファイバの光軸の方向と電気信号の流れる方向が同一であるように光一電気変換部分を実装することが必要となる。

このため、従来は第9図に示すように、光ファイバ1の先端部を斜め（例えば 45° ）に研磨して、その研磨面に金（Au）等を蒸着することにより全反射を起こし、側面に設けた例えばアラシシェ・フォトダイオード（APD）等の受光素子3と光結合させていた。

この従来技術によれば、必要とされる部品点数が少なく、構造が簡易であるから、装置の小型化及び低価格化が可能になり、また、光ファイバ1の光軸と受光素子3の受光面とを平行に配置することができるので、高密度実装が可能になる。

- 5 -

成要素における高速化の要求が高まっている。具体的には、伝送路としては波長分散特性の良好なシングルモード光ファイバが用いられ、受光素子としては、受光径が小さく（ $50 \mu\text{m}$ 以下）、素子容量の小さな（ 1 pF 以下）のものが用いられている。このようにより微細化する方向にある光ファイバと受光素子を光学的に結合するには、

(イ) 受信感度を高めるために光学的な結合効率が高いこと、

(ロ) 小型化及び低価格化のために、部品点数が少なく、簡易な構造であること、

(ハ) 装置をモジュール化するために実装性が良好であること、

等が必要となり、これらの要求を満足することができる光ファイバの先端構造が要望されている。

従来の技術

第9図は従来例の光ファイバの先端構造を用いた光結合方法を示す図である。

光通信等に使用される光一電気変換部分を含む

- 4 -

発明が解決しようとする課題

しかしながら、上述の光ファイバの先端構造においては、全反射して光ファイバから出てくる光が並がってしまう。その結果、受光面と光ファイバを近接させなければならず相対的な位置関係についての許容度が小さいという問題点、また、小受光面（例えば直径 $30 \mu\text{m}$ ）の場合大きな光結合率が得られない等という問題点があった。

従って、本発明の目的は、受光素子との光結合に対して十分の許容度があって、光結合効率が高い光ファイバの先端構造を提供することにある。

課題を解決するための手段

上記問題点は第1図に示す光ファイバの先端構造によって解決される。

すなわち、第1図において、中心軸に沿ってコア200を有する光ファイバ100をその先端部から所定の長さにわたって該先端部の該中心軸に垂直な断面の直径が所定の寸法になるまでテーパ状に加工し、該先端部を所定の半径で半球状に加

- 6 -

工し、該先端部の所定の部分から該光ファイバの中心軸と所定の角度をなし、かつ該コアの全断面が現れる位置まで平面研磨し、該光ファイバを伝送して該研磨面で反射した光が該先端部の半球状部分で最大効率で出力するように、該半球状の半径、及び研磨面の角度を設定して構成する。

また、中心軸に沿ってコア $200'$ を有する光ファイバ $100'$ をその先端部から所定の長さにわたって該先端部の該中心軸に垂直な断面の直径が所定の寸法になるまでテーパ状に加工し、該先端部を所定の半径で半球状に加工し、該先端部から該光ファイバの中心軸に沿った所定の位置において該光ファイバを所定の面内で所定の角度をなすように曲げ、該曲げた部分の広角に対応する部分から、該光ファイバの中心軸と所定の角度をなし、かつ曲げた面と垂直をなす面内でコアが所定の断面の寸法を表すまで平面研磨し、該光ファイバを伝送して該研磨面で反射した光が該先端部の半球状部分で最大効率で出力するように、該半球状の半径、及び平面研磨を行ったコアの断面の寸

- 7 -

一の発明の実施例の光ファイバの先端構造の製作プロセスを示す図である。

全図を通じて同一符号は同一対象物を示す。

第一の発明の実施例の光ファイバの先端構造の製作プロセスを示す第3図において、例えば外部直径が $125\mu m$ 、コア 20 の直径が $10\mu m$ の単一モードの光ファイバ 10 の先端部がテーパ状（長さ約 $150\mu m$ ）に研磨された後（この場合先端部の断面の直径は約 $80\mu m$ にする）、先端部分が通常の治具により半球状に研磨される（先球加工、球の半径は例えば $40\mu m$ ）。

次に、先端部の一側面を、光ファイバ 10 の中心軸と例えば 25° をなすように平面研磨を行う。この場合、コア 20 の全断面が全て現れるところまで研磨する。そして、研磨面を反射率の良好な金（Au）蒸着等によりコーティングを行う。

そして、第2図に示すように、光ファイバ 10 と受光素子 30 とを $50 \sim 60\mu m$ 離して設定する。この結果、光信号は反射コーティングを施された部分で光路を変え、テーパ先球部のレンズ効

果を設定して構成する。

作 用

第1図（その1）において、光ファイバ 100 を伝送する光信号は、研磨した部分で光路を変え、先端部の半球状に加工した部分のレンズ効果により出射光は集光され、受光素子 300 の受光面に達する。

また、第1図（その2）において、光信号は曲げの部分の研磨面で光路を変え、先端部の半球状に加工した部分のレンズ効果により出射光は集光され、受光素子 $300'$ の受光面に達する。

この結果、光信号は拡がることなく受光面に達するため許容度が大きくなり、また、小受光面でも高い光結合効率が得られる。

実 施 例

以下本発明の実施例を図面に基づいて説明する。

第2図は第一の発明の実施例の光ファイバの先端構造を用いた光結合方法を示す図、第3図は第

- 8 -

果により出射光は集光され、受光素子 30 の受光面に達する。

第4図は第2図に示す光ファイバからの出射光の角度拡がり及び照射ビーム径を求めるためのモデル図である。ここで、Rは先球部分の曲率半径、Cは先球部分の中心点、θは研磨面とファイバ中心軸とがなす角度、△Xはファイバ中心軸と研磨面とが交わる点までの中心点Cからの距離である。また、図中一点鎖線はファイバ中心軸上を伝播してきた光線の軌跡を示している。そして、以下の説明の便宜上、ファイバ中心軸と平行なファイバ稜線上にX軸を有し、研磨面と垂直なXZ平面を有し、ファイバ稜線の延長線上すなわちX軸上に原点Oを有する直交三次元座標系（X, Y, Z）を設定する。上記構造パラメータ（R, θ, △X）は、使用する受光素子の受光径、光ファイバから受光素子までの距離等に応じて最適化することができる。

第5図は、最適化の一例として、第2図に示す光ファイバからの出射光の角度拡がり及び照射ビ

- 9 -

- 10 -

ーム径を説明するための図である。同図(a)は、光ファイバ10からの出射光が受光素子30に照射されている状態を模式的に示した図であり、図中斜線部分は光の照射部分を示している。この例における比屈折率差 Δn は0.3%、コアの屈折率は1.452、コア径は10μmであり、構造パラメータはそれぞれ $R = 3.5 \mu\text{m}$ 、 $\theta = 40^\circ$ 、 $\Delta X = 1.3 \mu\text{m}$ である。同図(b)は幾何光路追跡法により計算を行い、XZ平面内において光線束が存在する範囲を斜線にて示した図である。また、同図(c)は、YZ平面内において光線束が存在する範囲を同様に示した図である。 $Z = 50 \mu\text{m}$ における出射ビーム径はXZ平面及びYZ平面ではほぼ等しく18μmであり、したがって、 $Z = 50 \mu\text{m}$ の位置に受光素子径が30μmの受光素子を配置した場合における光結合トランス（相対的位置関係についての許容誤差）は、おおむね±6μmとなる。

一方、第6図は、第9図に示した従来例における光ファイバからの出射光の角度拡がり及び照射

- 11 -

設定することができるようになるという効果もある。

第7図は第二の発明の実施例の光ファイバの先端構造を用いた光結合方法を示す図、第8図は第二の発明の実施例の光ファイバの先端構造の製作プロセスを示す図である。

第二の発明の実施例の光ファイバの先端構造の製作プロセスを示す第8図において、光ファイバ10'の先端部がテーパ状（長さ約150μm）に研磨された後（この場合先端部の断面の直径は例えば20～40μmにする）、先端部分が通常の治具により半球状に研磨される（球の半径は例えば30μm）。

次に、光ファイバ10'について先端部分から例えば500μmの部分を溶融等により折れない程度に曲げる。曲げの角度は、第7図(a)に示すように90°、または同図(b)に示すように90°よりも大きい一定の角度（例えば135°）に設定する。

そして、曲げの広角に対応する部分から、光フ

ーム径を説明するための図である。座標軸及び図の表示方法は第5図と同一であり、研磨面とファイバ中心軸とがなす角θは40°である。この従来例では、出射光ビームに対する集光作用は光ファイバ1の側面の曲率によるものだけであるから、出射光の角度拡がりは大きく、特に、XZ平面内における出射光の角度拡がりが著しく大きい。例えば、 $Z = 50 \mu\text{m}$ における照射ビーム径は32.1μm(XZ平面)、24.3μm(YZ平面)である。したがって、例えば受光素子径が30μmの受光素子とは高い光結合効率で光結合を行うことが困難になる。また、従来例では、出射光ビームの照射形状が梢円になるとともに、特にXZ平面内においてZ軸に対して傾斜して光軸が設定されるという欠点がある。

このように、第6図に示す従来例と比較して、第5図により説明した実施例によれば、十分な許容度をもって高い光結合効率を達成するだけでなく、出射光ビームの照射形状の梢円化を防止することができ、また、出射光軸をほぼZ軸と平行に

- 12 -

ファイバ10'の中心軸と45°（第7図(a)の場合）、又は22.5°（第7図(b)の場合）をなすように、コア20'の円周部の他端まで研磨したとき現れる断面の寸法の約1/2の寸法まで平面研磨する。そして、第一の発明の実施例で記述したのと同様に反射のための金(Au)蒸着によりコーティングを行う。そして、第2図に示した場合と同様にして、光ファイバ10'と受光素子30'を50～60μm離して設定する。

この結果、光信号は反射コーティングが施された曲げの部分の研磨面で光路を変え、テーパ先球部のレンズ効果により出射光は集光され、受光素子30'の受光面に達する。

以上説明した実施例では、テーパ先球部を製作するために、光ファイバ先端部の中心軸に垂直な断面の直径が所定の寸法になるまで外周部分をテーパ状に研磨することによってテーパ加工を施し、また、治具を用いた研磨により半球状に加工しているが、本発明はこれに限定されない。すなわち、光ファイバを加熱しながら延伸することによって

- 13 -

- 14 -

テーパ加工を施しても良いし、あるいは、光ファイバ端部を加熱溶融して溶融部の表面張力を利用して半球状に加工しても良い。

発明の効果

以上説明したように、本発明によれば、光信号は拡がることなく受光面に達するため、相対的位置関係についての許容度が大きくなり、小受光面でも高い光結合効率が得られる。

また、テーパ先球部の半径は数μm、研磨の角度は数度の精度で作成可能なため、光ファイバと受光面の距離、出射角度等を自由に設定することができる。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の原理図、

第2図は第一の発明の実施例の光ファイバの先端構造を用いた光結合方法を示す図、

第3図は第一の発明の実施例の光ファイバの先端構造の製作プロセスを示す図、

- 15 -

- 16 -

第4図は第2図に示す光ファイバからの出射光の角度拡がり及び照射ビーム径を求めるためのモデル図、

第5図は第2図に示す光ファイバからの出射光の角度拡がり及び照射ビーム径を説明するための図、

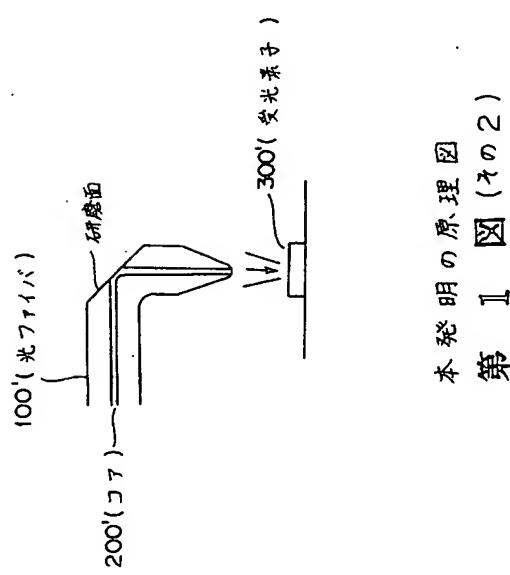
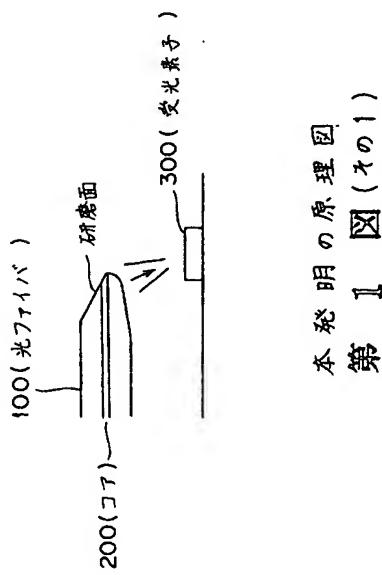
第6図は従来例における光ファイバからの出射光の角度拡がり及び照射ビーム径を説明するための図、

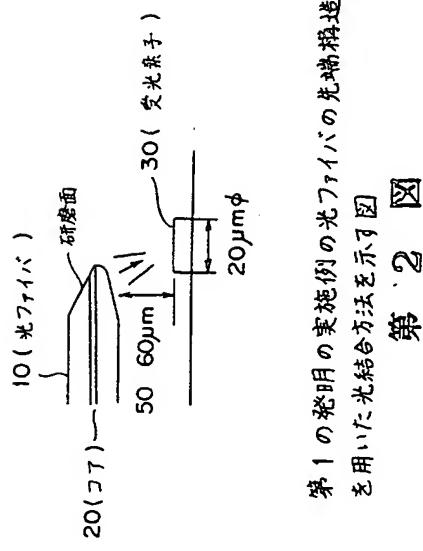
第7図は第二の発明の実施例の光ファイバの先端構造を用いた光結合方法を示す図、

第8図は第二の発明の実施例の光ファイバの先端構造の製作プロセスを示す図、

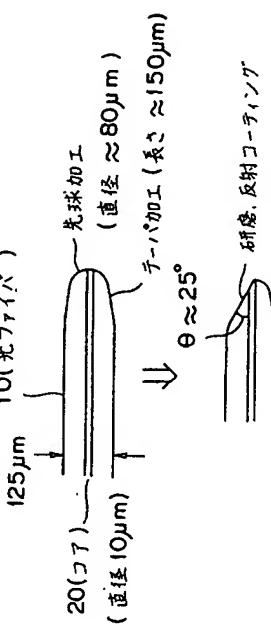
第9図は従来例の光ファイバの先端構造を用いた光結合方法を示す図である。

10, 10', 100, 100' …光ファイバ、
20, 20', 200, 200' …コア、
30, 30', 300, 300' …受光素子。

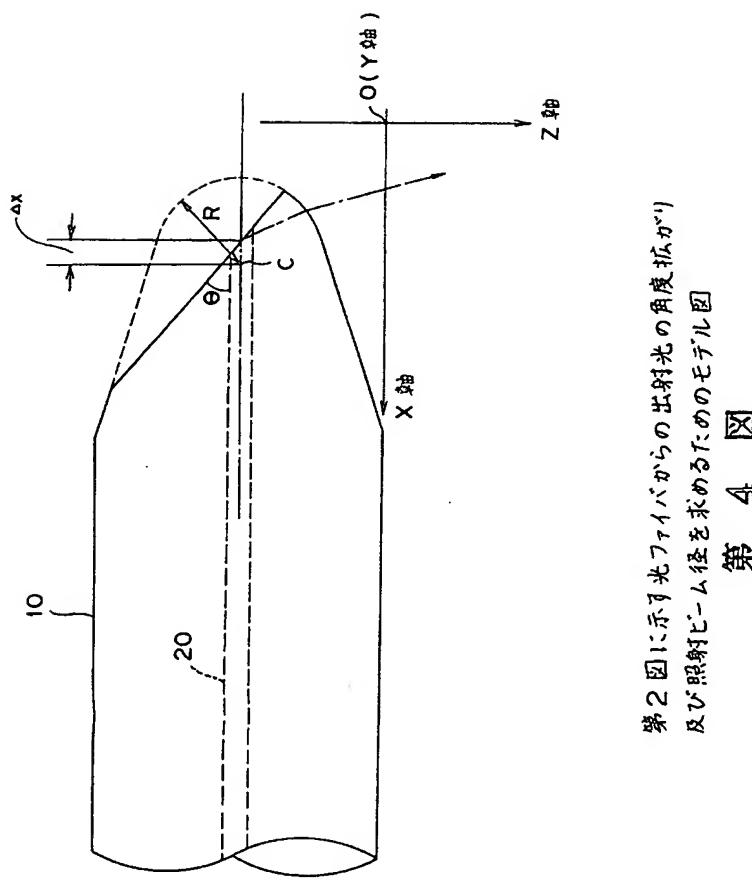




第 1 の発明の実施例の光ファイバの先端構造
を用いた光結合方法を示す図
第 2 図

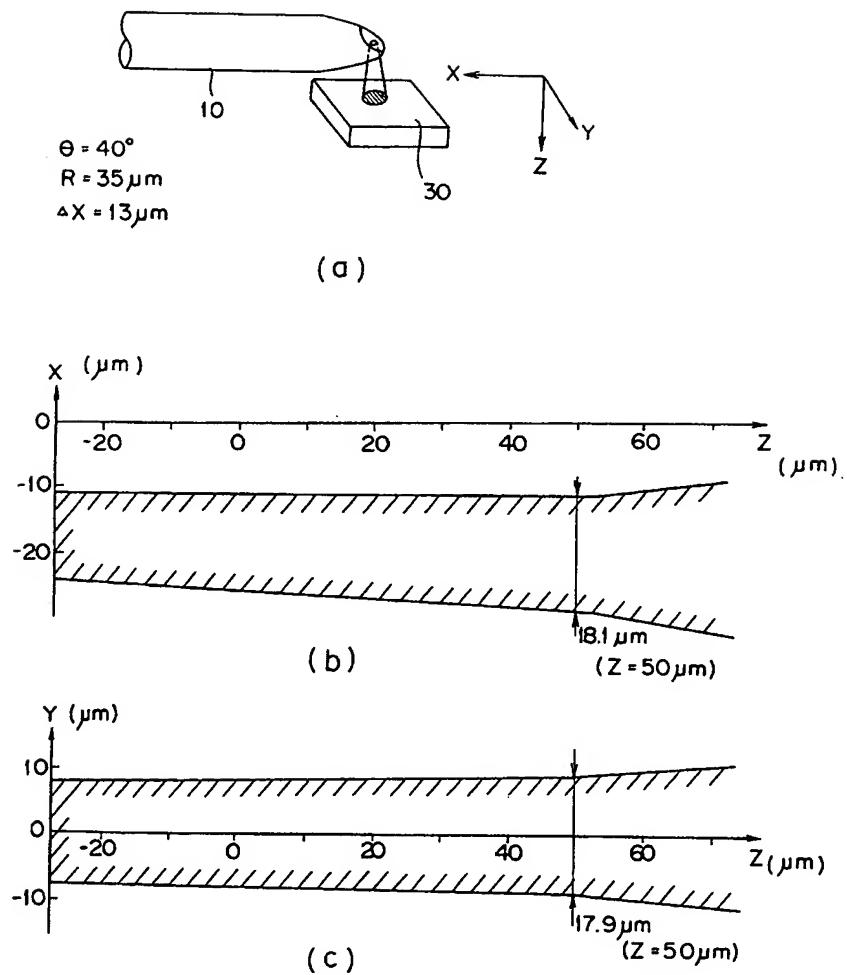


第 1 の発明の実施例の光ファイバの
先端構造の製作プロセスを示す図
第 3 図



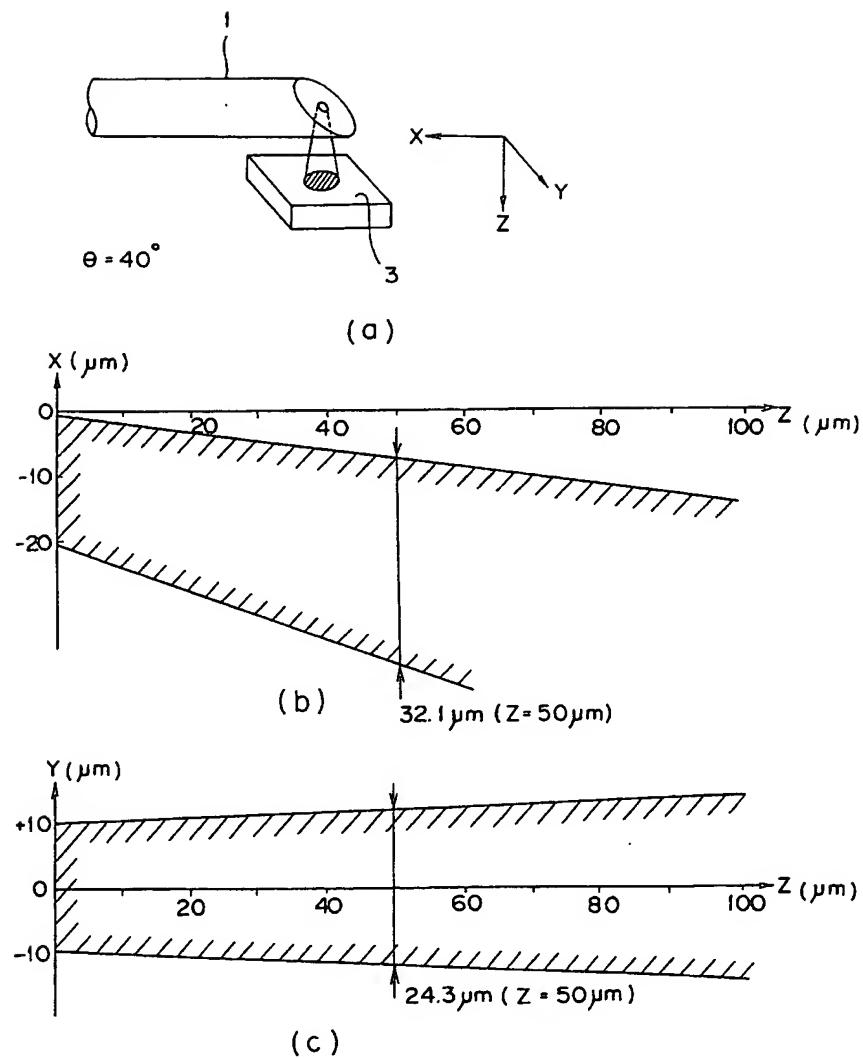
第 2 図に示す光ファイバからの出射光の角度拡がり
及び照射ビーム径を求めるためのモデル図

第 4 図



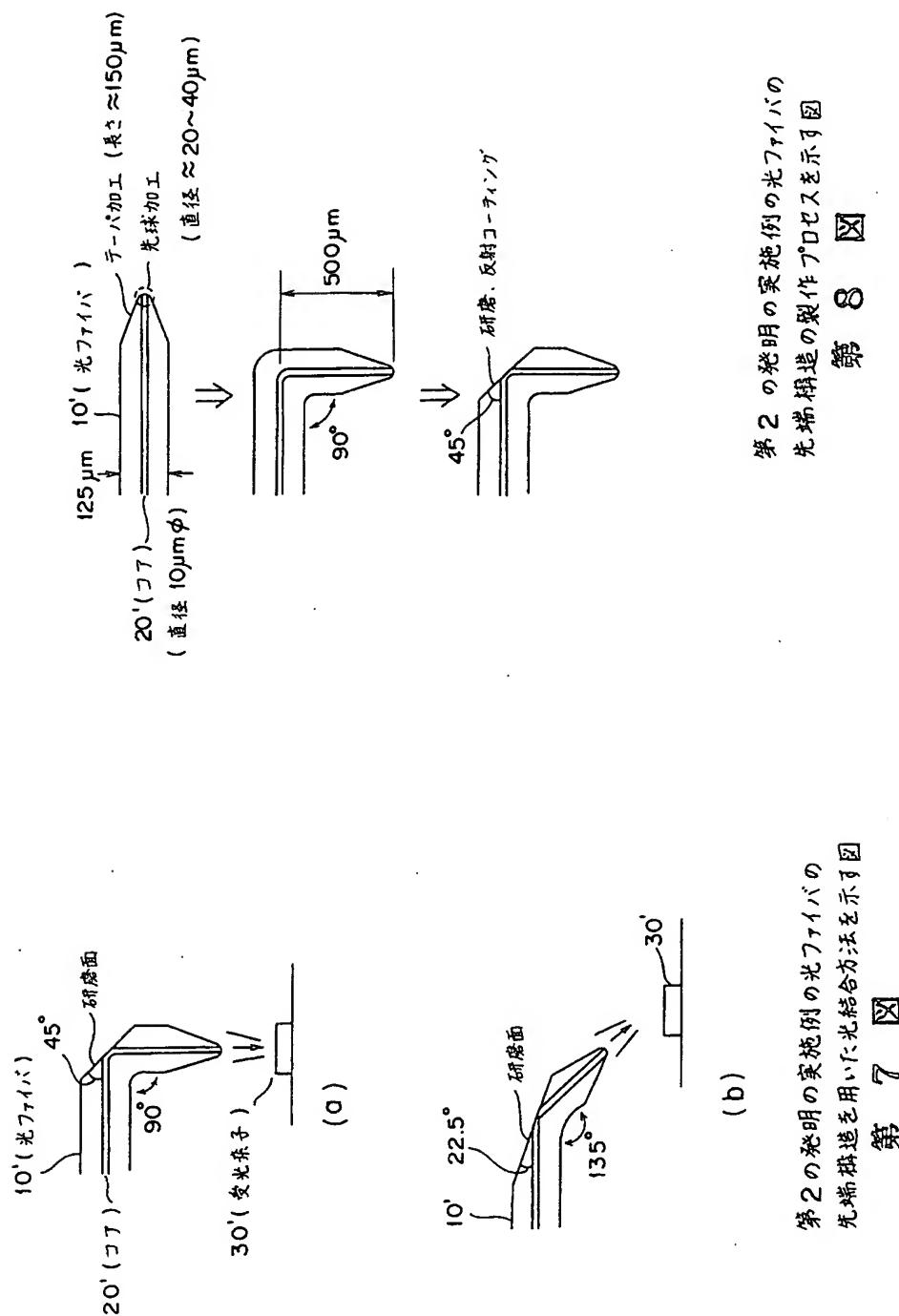
第2図に示す光ファイバからの出射光の角度拡がり
及び照射ビーム径を説明するための図

第 5 図



従来例における光ファイバからの出射光の
角度拡がり及び照射ビーム径を説明するための図

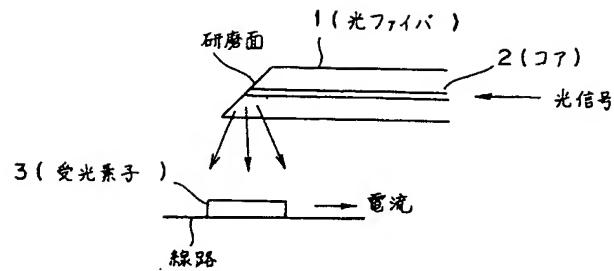
第 6 図



第2の発明の実施例の光ファイバの
先端構造の製作プロセスを示す図

第7図

第2の発明の実施例の光ファイバの
先端構造を用いた光結合方法を示す図



従来例の光ファイバの先端構造を
用いた光結局方法を示す図

第 9 図

第1頁の続き

②発明者 内藤 崇男 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

②発明者 中元 洋 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内

②発明者 小野田 義人 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社
内